

Efecto de la realimentación tras un periodo de ayuno sobre el crecimiento en el sargo picudo *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777)

M. Á. Egea Nicolás¹, F. Rueda González¹, F. J. Martínez López² y B. García García¹

¹ Equipo de Acuicultura. Instituto Murciano de Desarrollo Agrario y Alimentario. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Apdo. 65. E-30740 San Pedro del Pinatar (Murcia), España. Correo electrónico: benjamin.garcia@crm.es

² Departamento de Fisiología y Farmacología. Facultad de Biología. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. E-30100 Murcia (Murcia), España

Recibido en julio de 2001. Aceptado en febrero de 2002.

RESUMEN

El crecimiento compensatorio se define como un crecimiento rápido provocado por un comportamiento hiperfágico después de un periodo de ayuno. El objetivo del trabajo es poner de manifiesto la existencia de estos fenómenos en *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). Para ello se mantuvieron lotes de control alimentados a saciedad (LC) y lotes en ayuno y realimentados posteriormente a saciedad (AR). Se comprobó que la tasa de crecimiento se duplicó en el periodo de realimentación para los lotes AR con respecto a los lotes LC, siendo mayor, también, la tasa de alimentación de los lotes AR; sin embargo, estos lotes no alcanzan el peso de los lotes control, aunque sí recuperaron el factor de condición (K). Estos resultados sugieren la necesidad de comprobar este comportamiento para periodos de ayuno más prolongados que pudieran provocar una mayor respuesta hiperfágica.

Palabras clave: Crecimiento compensatorio, hiperfagia, *Diplodus puntazzo*, ayuno, realimentación.

ABSTRACT

The effect of refeeding after starvation on the growth of sharpsnout seabream Diplodus puntazzo (Cetti, 1777)

Compensatory growth is rapid growth induced by hyperphagic behaviour after starvation. The present paper studies this phenomenon in sharpsnout seabream *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). We used control groups (LC) feeding ad libitum and starvation-refeeding ad libitum groups (AR). AR growth was double that of LC after the refeeding period, and food intake was also higher. Although AR did not reach LC final weight, condition index K was achieved. These results suggest the need to test this hypothesis over longer starvation and refeeding periods which could lead to hyperphagic behavior.

Keywords: Compensatory growth, hyperphagic behaviour, *Diplodus puntazzo*, starvation, re-feeding.

INTRODUCCIÓN

El sargo picudo *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777) es una especie que ha despertado el interés en la acuicultura por poseer cualidades para el cultivo similares a otros espáridos, como la dorada *Sparus aurata* L., 1758 (Franicevic, 1989; Caggiano *et al.*, 1993; Abellán *et al.*, 1994). Experiencias de preengorde y engorde, tanto en jaulas flotantes como en tanques en tierra, han arrojado resultados satisfactorios, convirtiéndola en especie de interés prioritario (Bermúdez *et al.*, 1989; Divanach *et al.*, 1993; Abellán y García Alcázar, 1995).

Una de las claves de la rentabilidad de un cultivo intensivo es conocer las necesidades nutritivas y energéticas de la especie para una correcta administración del alimento.

El comportamiento alimentario de numerosas especies de peces en el medio natural es estacional, dependiente de condiciones ambientales, como la temperatura y la disponibilidad de alimento, lo que lleva a pensar que pueda existir una capacidad de recuperación del peso tras un periodo de ayuno más o menos prolongado. Este fenómeno ha sido descrito para diferentes especies por Dobson y Holmes (1984), Jobling y Koskela (1996) y Rueda *et al.* (1998), y se conoce con el nombre de crecimiento compensatorio, definido como una fase de crecimiento rápido después de un periodo de ayuno o desnutrición. Es decir, el crecimiento compensatorio es mayor que el crecimiento generado en un periodo de alimentación continua a saciedad. La confirmación de la existencia de este crecimiento rápido después de un periodo de ayuno es de gran importancia en la gestión del alimento, ya que pueden darse situaciones en las que sea interesante dejar de alimentar a un cultivo, o en que, debido a condiciones ambientales adversas, resulte imposible el suministro de alimento, caso que puede darse en instalaciones en mar abierto.

Sin duda, para que exista recuperación del peso, el periodo de ayuno tiene unos límites, dependientes, probablemente, de factores como la edad del animal, el estado nutricional, la temperatura y el peso, con periodos mínimo y máximo de ayuno y de realimentación para que se produzca el crecimiento compensatorio.

El peso es un factor intrínseco al animal que influye en la tasa de crecimiento. En el caso de los peces, este crecimiento es muy activo durante la primera fase de vida, disminuyendo al alcanzar un

peso determinado. Se ha comprobado en numerosas especies que para factores ambientales constantes y alimentación no limitante, a mayor tamaño, menor tasa de crecimiento (Elliot y Hurley, 1995; Brett, 1974; García García, 1994).

La temperatura juega un papel importante en el metabolismo pues tiene un efecto acelerador de las reacciones y, en consecuencia, presenta una relación positiva sobre la tasa metabólica, que aumenta de manera exponencial con la temperatura dentro de un rango, hasta un valor máximo, a partir del cual permanece prácticamente constante hasta descender bruscamente cerca de la temperatura letal (Brett y Groves, 1979).

El objetivo de este estudio es comprobar la existencia de este fenómeno de crecimiento compensatorio en el sargo picudo *Diplodus puntazzo*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo entre los meses de julio y noviembre de 1998. Se utilizaron sargos picudos procedentes de la laguna de Mar Menor, establecidos desde el mes de abril de ese mismo año en las instalaciones del Centro de Recursos Marinos de San Pedro del Pinatar (Murcia) bajo condiciones naturales de luz y temperatura.

Se seleccionaron dos grupos de animales de diferente tamaño: 144 animales de 36 g y 120 animales de 103 g distribuidos en tanques circulares de 400 litros. Los animales fueron adaptados a las condiciones experimentales durante 7 días. El alimento se distribuyó a saciedad en tres tomas diarias, a las 9:00, las 12:00 y las 14:00 h, utilizando un pienso comercial para dorada de la casa comercial Trown-España, con tamaño número 2 de gránulo y cuya composición se presenta en la tabla I.

De los seis lotes, tres fueron alimentados a saciedad a lo largo de todo el periodo de experimentación y se consideraron como lotes de control (LC);

Tabla I. Composición, en porcentaje, de macronutrientes del pienso utilizado.

Tamaño de gránulo	N.º 2
Proteína	45,46
Grasa	12,81
Humedad	7,88
Minerales	7,04
Fibra	1,06
MELN	25,78

los otros tres fueron sometidos a un periodo de ayuno para ser realimentados después (A-R). La duración de los periodos experimentales y las condiciones de experimentación se presentan en la tabla II.

Los animales se pesaron y midieron tanto al inicio de los experimentos (i) como al finalizar el periodo de ayuno (a) y el periodo de realimentación (r), calculándose los diferentes índices de ingesta y crecimiento para cada periodo, así como para la experiencia global (g).

La tasa específica de crecimiento (TEC) se obtiene con la expresión

$$TEC = ((\ln P_f - \ln P_i) / t) 100$$

La tasa de alimentación relativa (TAR) se calcula dividiendo el alimento ingerido por animal entre el incremento diario del peso medio y se expresa en porcentaje

$$TAR = [(Pienso/N) / ((P_f - P_i) / 2) / t] 100$$

El índice de conversión (IC) es el alimento ingerido dividido entre la ganancia de peso

$$IC = (Pienso / N) / \Delta P$$

El factor de condición (K) es la siguiente relación entre peso y talla

$$K = (P / T^3) 100$$

Tabla II. Condiciones experimentales.

Periodo experimental	28-07-98 a 31-08-98
Peso medio \pm error estándar (g)	36,03 \pm 0,46
N.º de individuos por tanque	24
Rango de temperatura (°C)	21-29
Temperatura media del periodo (°C)	26,8
Días de ayuno	17
Días de realimentación	18

En estas expresiones P_i es el peso medio corporal en gramos al principio de un periodo de tiempo t en días; P_f es el peso al final de dicho periodo. Pienso es la cantidad de alimento consumido en gramos y N el número total de individuos del lote experimental; ΔP es el incremento de peso en un periodo de tiempo; P y T son el peso y la talla (longitud total) en un determinado momento.

Se calcularon los estadísticos descriptivos para los índices considerados (media, desviación estándar y error estándar). Para el análisis de los resultados se comprobó la significación de las diferencias observadas mediante el análisis de la varianza Anova, para un nivel de significación de 95 %. Previamente se comprobó la homogeneidad de las varianzas mediante el test de Bartlett.

RESULTADOS

Los valores obtenidos para cada uno de los índices y lotes, así como el resultado de las comparaciones por medio de análisis de la varianza Anova aparecen en la tabla III.

La tasa específica de crecimiento se hace negativa durante el periodo de ayuno, como era de esperar (TECa). En el periodo de realimentación, esta tasa de crecimiento (TECr) se duplica prácticamente en el caso de los animales que estuvieron en ayuno A-R con respecto a los lotes LC de control.

También en el periodo de realimentación los lotes A-R que estuvieron en ayuno presentan una tasa de alimentación relativa (TARr) mayor que la de los lotes LC mantenidos a saciedad durante todo el periodo, pudiendo considerarse esto como una respuesta hiperfágica después del periodo de ayuno. El aumento en la ingesta de alimento, unido a una

Tabla III. Crecimiento e ingesta de los animales de los lotes de control (LC) y de ayuno-realimentación (A-R) en los diferentes periodos de experimentación. Los datos expresan la media el error estándar (e.e.) y el resultado del análisis Anova. (TEC): tasa específica de crecimiento; (TAR): tasa de alimentación relativa; (IC): índice de conversión. (a): periodo en el que los lotes A-R son mantenidos en ayuno; (r): periodo en el que los lotes A-R son realimentados a saciedad; (g): periodo global de experimentación; (N.S.): no existen diferencias significativas.

Lotes	LC	A-R	Anova	Relación
Índices	Media \pm e.e.	Media \pm e.e.		LC/A-R
TEC a	2,5729 \pm 0,0623	0,6981 \pm 0,0815	$p < 0,00001$	3,69
TEC r	1,4949 \pm 0,0299	2,6442 \pm 0,1433	$p < 0,01$	0,57
TEC g	2,0185 \pm 0,0149	1,0208 \pm 0,0370	$p < 0,0001$	1,98
TAR r	2,1998 \pm 0,0604	3,2201 \pm 0,1103	$p < 0,01$	0,68
TAR g	2,6101 \pm 0,0787	1,5795 \pm 0,0461	$p < 0,001$	1,65
IC r	1,3866 \pm 0,0613	1,1630 \pm 0,0291	$p < 0,05$	1,19
IC g	1,3465 \pm 0,0325	1,4638 \pm 0,0342	N.S.	0,92

disminución y, por tanto, una mejora del índice de conversión del alimento (ICr) para los lotes A-R en el periodo de realimentación frente a los lotes control, lleva a un crecimiento compensatorio, entendido éste como un crecimiento superior al experimentado por los lotes control, aunque no lleguen a alcanzar el peso de éstos.

La tasa de alimentación relativa para el global del periodo experimental (TARg) fue mayor para los lotes LC de control.

También fue calculada la tasa específica de crecimiento para el total del periodo de experimentación (TECg) y el resultado fue que para los peces sometidos a ayuno- realimentación, su TECg ascendió a la mitad que la de los lotes de control.

En cuanto al factor de condición K, los valores obtenidos en los diferentes muestreos realizados a lo largo del periodo experimental se presentan en la tabla IV.

La evolución de los pesos a lo largo del periodo experimental (figura 1) pone de manifiesto la tendencia a la recuperación del peso por parte de los animales que estuvieron en ayuno, aunque no consiguen igualar el peso de los mantenidos a saciedad tras el periodo de realimentación. El índice que sí consigue una recuperación tras la realimentación es el factor de condición K, que es la relación talla-peso y que indica el nivel de adelgazamiento.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La recuperación después de un periodo de ayuno o de restricción de la alimentación en peces no siempre es completa (Jobling, 1995). Existen dife-

Tabla IV. Peso y factor de condición (K) de los animales de los lotes de control (LC) y de ayuno-realimentación (A-R) en los diferentes periodos del estudio. Los datos expresan la media \pm el error estándar (e.e.) y el resultado del análisis Anova. (p.i.): punto inicial; (f.a.): final del ayuno; (f.r.): final de la realimentación. (N.S.): no existen diferencias significativas.

Lotes	LC	A-R	Anova
Índices	Media \pm e.e.	Media \pm e.e.	
Peso (p.i.)	35,1806 \pm 1,3275	36,9306 \pm 1,0420	N.S.
Peso (f.a.)	54,4653 \pm 1,8040	32,8287 \pm 1,3552	$p < 0,001$
Peso (f.r.)	71,2897 \pm 2,4856	52,7619 \pm 0,8611	$p < 0,01$
K (p.i.)	1,8942 \pm 0,0204	1,9178 \pm 0,0237	N.S.
K (f.a.)	2,0005 \pm 0,0051	1,7530 \pm 0,0343	$p < 0,01$
K (f.r.)	2,2883 \pm 0,0299	2,2327 \pm 0,0189	N.S.

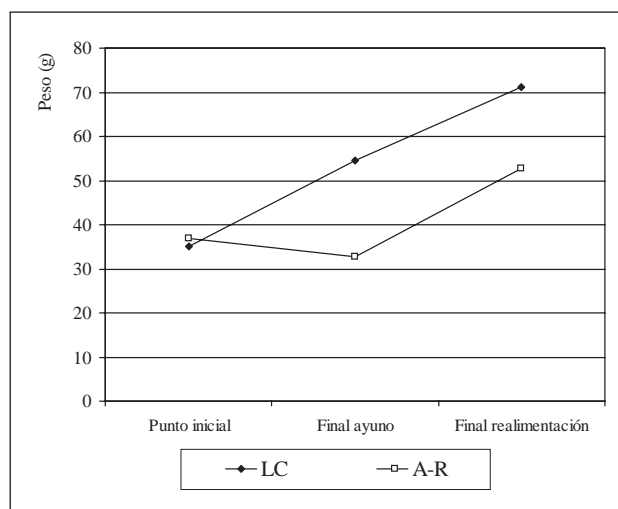


Figura 1. Evolución del peso a lo largo del periodo experimental para los lotes de control (LC) y los lotes sometidos a ayuno y realimentación (A-R).

rencias dependiendo de la especie, el estado de desarrollo, las condiciones ambientales y de la intensidad y duración del periodo de privación.

Se ha comprobado que, en las condiciones del experimento, se produce un aumento en la tasa de alimentación, fenómeno conocido como hiperfagia, y un incremento en la tasa de crecimiento, lo que induce a pensar que el crecimiento compensatorio descrito por diversos autores se encuentra estrechamente relacionado con la duración del periodo de ayuno, de modo que, cuando dicho periodo es breve, la disminución en el crecimiento ocasionada por la privación de alimento raramente es recuperable (Jobling *et al.*, 1994; Paul, Paul y Smith, 1995; Jobling y Koskela, 1996). Esto puede ser debido, según Jobling y Johansen (1999) a que, si los animales sometidos a ayuno recuperan pronto las reservas energéticas consumidas, se frena la hiperfagia, sin llegar a conseguir el peso que hubiesen alcanzado de haberse alimentado normalmente.

La pérdida de peso y la posterior recuperación observada está correlacionada con las variaciones observadas en la evolución del índice de condición K: tras el ayuno, este índice disminuye, para volver a igualarse al final de la experiencia. En otros estudios se ha podido comprobar que, en episodios de ayuno, las primeras reservas que son movilizadas proceden del hígado, posteriormente de la grasa mesentérica y perivisceral y, en caso de extrema necesidad, del músculo, habiéndose observado cambios en la composición corporal durante estos periodos que posteriormente se restablecen con la

realimentación (Hemre *et al.*, 1993; Collins y Anderson, 1995; Rueda *et al.*, 1998). Méndez y Wieser (1993) observaron que durante el ayuno se producía un descenso en la concentración de glucógeno hepático que, posteriormente, se incrementaba rápidamente al llevarse a cabo la realimentación, como una estrategia para recuperar aceleradamente las reservas gastadas. Estas variaciones en la tasa metabólica se han puesto de manifiesto mediante estudios de consumo de oxígeno en peces sometidos a ayuno, observándose que este consumo se ve sensiblemente disminuido (Wieser, Krumschnabel y Ojwang-Okwor, 1992).

Los estudios llevados a cabo por Méndez y Wieser (1993) también demostraron que los fenómenos de ayuno y realimentación ocasionan un conjunto de cambios en la actividad enzimática de los peces que se correlacionan con los fenómenos fisiológicos y de comportamiento que tienen lugar: estrés, transición, adaptación y recuperación.

Otras variables, como el tamaño de los peces, la temperatura y también la duración del periodo de ayuno y el de realimentación han de tener influencia en la actividad metabólica de los peces y, por tanto, en la respuesta hiperfágica y en el crecimiento compensatorio. Quizá, un ayuno algo más prolongado provoque una respuesta hiperfágica inicial más acusada que la obtenida en este experimento y un periodo de realimentación superior suponga la compensación de la pérdida de peso observada durante el ayuno.

En definitiva, se puede concluir que los fenómenos de hiperfagia y aumento del crecimiento provocados por periodos de ayuno y realimentación observados por otros autores en diversas especies de peces, tanto marinas como dulceacuícolas, son similares a los observados en el sargo picudo en estos ensayos preliminares.

BIBLIOGRAFÍA

- Abellán, E. y A. García-Alcázar. 1995. Pre-growout experiences with white seabream (*Diplodus sargus* L., 1758) and sharpnosed seabream (*Diplodus puntazzo*, Cetti, 1777). *Cahiers Options Méditerranéennes/CIHEAM* 16: 57-63.
- Abellán, E., A. García-Alcázar, S. García-Alcázar y P. Martín. 1994. Cultivo de nuevas especies de espáridos mediterráneos: Experiencias de preengorde y engorde del sargo común (*Diplodus sargus*, Linnaeus, 1758) y del sargo picudo (*Diplodus puntazzo*, Cetti 1777). *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 148: 1-11.
- Bermúdez, L., B. García García, O. Gómez, M. J. Rosique y F. Faraco. 1989. First results of the ongrowing in cages of *Sparus aurata*, *Puntazzo puntazzo* and *Lithognathus mormyrus* in the Mar Menor (Murcia, SE, Spain). En: *Aquaculture Europe'89* (European Aquaculture Society Special Publication). R. Billard y N. de Páwn (eds.) 10: 27-28. European Aquaculture Society. Ostende, Bélgica.
- Brett, J. R. 1974. Tank experiment on the culture of pike (*Esox lucius*) and pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) using environmental control. *Aquaculture* 4: 341-352.
- Brett, J. R. y N. R. Groves. 1979. Physiological energetics. En: *Fish physiology. III. Bioenergetics and growth*. W. S. Hoar, D. J. Randall y J. R. Brett (eds.): 279-352. Academic Press. Nueva York.
- Caggiano, M., S. Canese, A. Lupo y A. Cirillo. 1993. Experiences of artificial reproduction and larval rearing of sheephead bream (*Diplodus puntazzo*) in the South of Italy. En: *From discovery to commercialization*. (eds.) (European Aquaculture Society Special Publication). M. Carrillo *et al.* (eds.) 19: p. 326. European Aquaculture Society. Ostende, Bélgica.
- Collins, A. L. y T. A. Anderson. 1995. The regulation of endogenous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissues of the golden perch. *Journal of Fish Biology* 47: 1004-1015.
- Divanach, P., M. Kentouri, G. Charalambakis, F. Pouget, y A. Esteriotti. 1993. Comparison of growth performance of six Mediterranean fish species reared under intensive farming conditions in Crete (Greece), in raceways with the use of self feeders. En: *Production, Environment and Quality. Bordeaux Aquaculture'92* (European Aquaculture Society Special Publication). G. Barnabé y P. Kestemont (eds.) 18: 285-297. European Aquaculture Society. Bredene, Bélgica.
- Dobson, S. H. y R. M. Holmes. 1984. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of Fish Biology* 25: 649-656.
- Elliot, J. M. y M. A. Hurley. 1995. The functional relationship between body size and growth rate in fish. *Functional Ecology* 9: 625-627.
- Franicevic, V. 1989. Preliminary results on the larviculture of *Puntazzo puntazzo* (Gmelin, 1789) (Pisces, Sparidae). En: *Aquaculture. A biotechnology in progress* (European Aquaculture Society Special Publication). N. de Pauw, E. Jaspers, H. Ackefors y N. Wilkins (eds.): 139-141. European Aquaculture Society. Bredene, Bélgica.
- García García, B. 1994. *Factores que influyen sobre el consumo de oxígeno, ingesta y crecimiento en la dorada (Sparus aurata L.): una aproximación al establecimiento de modelos lineales*. Tesis doctoral. Departamento de Fisiología y Farmacología. Universidad de Murcia. 231 pp.
- Hemre, G., O. Karlsen, G. Lehmann, J. C. Holm y O. Lie. 1993. Utilization of protein, fat and glycogen in cod (*Gadus morhua*) during starvation. *Fisk. Dir. Skr. Ser. Ernaer.* 6 (1): 1-9.
- Jobling, M. 1995. *Fish Bioenergetics*. Chapman y Hall, Londres: 194-201.
- Jobling, M. y J. S. Johansen. 1999. The lipostat, hyperphagia and catch-up growth. *Aquaculture Research* 30: 473-478.

- Jobling, M. y J. Koskela. 1996. Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in subsequent period of compensatory growth. *Journal of Fish Biology* 43: 487-489.
- Jobling, M., O. H. Meloy, J. Dos Santos y B. Christiansen. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquaculture International* 2: 75-90.
- Méndez, G. y W. Wieser. 1993. Metabolic responses to food deprivation and refeeding in juveniles of *Rutilus rutilus* (Teleostei: Cyprinidae). *Environmental Biology of Fishes* 36: 73-81.
- Paul, A. J., M. J. Paul y R. L. Smith. 1995. Compensatory growth in Alaska yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, following food deprivation. *Journal of Fish Biology* 46: 442-448.
- Rueda, F. M., F. J. Martínez, S. Zamora, M. Kentouri y P. Divanach. 1998. Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquaculture Research* 29: 447-452.
- Wieser W., G. Krumschnabel y J. P. Ojwang-Okwor. 1992. The energetic of starvation and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. *Environmental Biology of Fishes* 33: 63-71.